·论著·

脂质比值与代谢综合征关联及诊断价值评价：基于贵州省多阶段横断面研究

周诗宇[1，2]，谌绍林[1]，邓仁丽[1]，代米[1]，刘涛[3]，田坤明[1，4*]

【摘要】 **背景** 随着代谢性疾病发病率的上升，代谢综合征（MS）的预防与控制引起广泛的关注。而脂质比值是重要的筛查指标之一，与 MS 之间的关系成为热点研究话题。**目的** 基于贵州省多阶段横断面研究人群分析甘油三酯/高密度脂蛋白胆固醇（TG/HDL-C），总胆固醇/高密度脂蛋白胆固醇（TC/HDL-C），低密度脂蛋白胆固醇/高密度脂蛋白胆固醇（LDL-C/HDL-C）及非高密度脂蛋白胆固醇（non-HDL-C）与 MS 发病风险的关联及诊断价值评价。**方法** 回顾性选取贵州省参与 2010 年全国疾病监测地区慢性病及危险因素调查、2013 年中国慢性病及其危险因素监测、2015 年中国成人慢性病与营养监测和 2018 年中国成人慢性病与营养监测的 21 727 例自然人群为研究对象，收集研究对象的基线资料，根据是否患有 MS 将研究对象分为 MS 组（n=4 981）和非 MS 组（n=16 746）。绘制受试者工作曲线（ROC 曲线）分别评价男性和女性 TG/HDL-C、TC/HDL-C、LDL-C/HDL-C 和 non-HDL-C 对 MS 的诊断价值。通过 Delong 检验比较脂质比值预测 MS 发生的 ROC 曲线下面积（AUC）的差异。采用多因素 Logistic 回归分析模型分析脂质比值与 MS 之间的优势比（OR）和 95% 置信区间（CI），评价按调查时间、年龄、性别、体质指数（BMI）、吸烟、饮酒分层的研究对象发生 MS 的影响因素。**结果** MS 组与非 MS 组年龄、性别、民族、受教育程度、婚姻状况、吸烟、饮酒情况、BMI、TG/HDL-C、TC/HDL-C、LDL-C/HDL-C、non-HDL-C 比较，差异有统计学意义（P<0.05）。TG/HDL-C 的 AUC 大于 TC/HDL-C（Z=17.822，P<0.001）、LDL-C/HDL-C（Z=23.813，P<0.001）、non-HDL-C（Z=27.608，P<0.001）。男性 TG/HDL-C 的 AUC 大于女性（Z=4.299，P<0.001），LDL-C/HDL-C 的 AUC 小于女性（Z=2.061，P=0.039）。多因素 Logistic 回归分析结果显示，在 <60 岁、≥ 60 岁、男性、女性、BMI<24.0 kg/m^2、BMI ≥ 24.0 kg/m^2、吸烟、未吸烟、饮酒、未饮酒人群中，TG/HDL-C、TC/HDL-C、LDL-C/HDL-C、non-HDL-C 是发生 MS 的影响因素，其中女性、BMI<24 kg/m^2、未吸烟及未饮酒人群的 TG/HDL-C、TC/HDL-C、LDL-C/HDL-C、non-HDL-C 与 MS 相关性更强（P<0.05）。**结论** TG/HDL-C 对 MS 具有良好的诊断效果，TG/HDL-C、TC/HDL-C、LDL-C/HDL-C、non-HDL-C 是发生 MS 的影响因素，在实际临床工作中应该更重视女性、BMI<24 kg/m^2、未吸烟及未饮酒人群的脂质比值情况。

【关键词】 代谢综合征；胰岛素抵抗；血脂异常；三酰基甘油；低密度脂蛋白胆固醇；高密度脂蛋白胆固醇；横断面研究；相关性分析

【中图分类号】 R 589 【文献标识码】 A DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2023.0027

周诗宇，谌绍林，邓仁丽，等. 脂质比值与代谢综合征关联及诊断价值评价：基于贵州省多阶段横断面研究［J］. 中国全科医学，2023.［Epub ahead of print］.［www.chinagp.net］

ZHOU S Y，SHEN S L，DENG R L，et al. The association and diagnostic value of lipid ratios to metabolic syndrome：A multistage cross-sectional study in Guizhou province［J］. Chinese General Practice，2023.［Epub ahead of print］.

The Association and Diagnostic Value of Lipid Ratios to Metabolic Syndrome：A Multistage Cross-sectional Study in Guizhou Province

ZHOU Shiyu[1，2]，*CHEN Shaolin*[1]，*DENG Renli*[1]，*DAI Mi*[1]，*LIU Tao*[3]，*TIAN Kunming*[1，4*]

1.Nursing School of Zunyi Medical University，Zunyi 563000，China

2.People's Hospital of Zunyi City Bo Zhou District，Zunyi 563000，China

3.Guizhou Center for Disease Control and Prevention，Guiyang 550004，China

4. Zunyi Medical University School of Public Health，Zunyi 563000，China

[*]Corresponding author：TIAN Kunming，Associate professor；E-mail：nonstandstill@163.com

---

基金项目：贵州省科技计划项目（［2018］2819）；贵州省科技计划项目（黔科合支撑［2021］一般 446）

1.563000 贵州省遵义市，遵义医科大学护理学院 2.563000 贵州省遵义市播州区人民医院 3.550004 贵州省贵阳市，贵州省疾病预防控制中心 4.563000 贵州省遵义市，遵义医科大学公共卫生学院

[*]通信作者：田坤明，副教授；E-mail：nonstandstill@163.com

【Abstract】 **Background** With the growing incidence of metabolic diseases, there has been increasing attention given to the prevention and control of metabolic syndrome (MS). As important screening markers of MS, the relationship between lipid ratios and metabolic syndrome has become a hot research topic. **Objective** To analyse the association and diagnostic value of triglyceride/high-density lipoprotein cholesterol (TG/HDL-C) ratio, total cholesterol/HDL-C (TC/HDL-C) ratio, low-density lipoprotein cholesterol/ HDL-C (LDL-C/HDL-C) ratio and non-HDL-C to the risk of MS in populations included in a multistage cross-sectional study in Guizhou Province. **Methods** This study retrospectively selected natural populations (totally 21 727 cases) from Guizhou who attended the National Survey of Chronic Diseases and Risk Factors in Surveillance Regions 2010, China Chronic Disease and Risk Factor Surveillance 2013, and two waves of China Adult Chronic Disease and Nutrition Surveillance (2015 and 2018). Baseline data were collected, and according to MS prevalence included in which, subjects were divided into MS group (n=4 981) and non-MS group (n=16 746). The receiver operating characteristic (ROC) curve analysis was used to evaluate the diagnostic value of TG/HDL-C ratio, TC/HDL-C ratio, LDL-C/HDL-C ratio and non-HDL-C for MS in males and females, respectively. The Delong test was used to compare the values of area under the ROC curve (AUC) of lipid ratios in predicting MS. Multivariate Logistic regression was used to analyze the association of lipid ratios with MS measured using odds ratio (OR) with 95% confidence interval (CI), and to identify factors associated with MS among subjects stratified by survey time, age, sex, body mass index (BMI), smoking and alcohol consumption. **Results** There were statistically significant differences in mean age, sex ratio, distribution of ethnicities, education level and marital status, prevalence of smoking and alcohol consumption, and mean BMI, TG/HDL-C ratio, TC/HDL-C ratio, LDL-C/HDL-C ratio and non-HDL-C between MS group and non-MS group (P<0.05). TG/HDL-C ratio had a higher AUC value than TC/HDL-C ratio (Z=17.822, P<0.001), LDL-C/HDL-C ratio (Z=23.813, P<0.001) and non-HDL-C (Z=27.608, P<0.001). The value of AUC of TG/HDL-C ratio was higher in males than that in females (Z=4.299, P<0.001). And the value of AUC of LDL-C/HDL-C ratio in males was lower than that in females (Z=2.061, P=0.039). Multivariate Logistic regression analysis showed that in <60 years old, ≥ 60 years old, male, female, BMI<24.0 kg/m^2, BMI ≥ 24.0 kg/m^2, smoking, non-smoking, drinking and non-drinking groups, TG/HDL-C ratio, TC/HDL-C ratio, LDL-C/HDL-C ratio and non-HDL-C were associated with the prevalence of MS, and the associations were stronger in females, individuals with BMI<24 kg/m^2, non-smokers or non-drinkers (P<0.05). **Conclusion** TG/HDL-C ratio has a good diagnostic value for MS. TG/HDL-C ratio, TC/HDL-C ratio, LDL-C/HDL-C ratio and non-HDL-C are associated factors of MS, which should be paid more attention clinically in females, individuals with BMI<24 kg/m^2, non-smokers or non-drinkers.

【Key words】 Metabolic syndrome; Insulin resistance; Dyslipidemias; Triacylglycerol; Low density lipoprotein cholesterol; High density lipoprotein cholesterol; Cross-sectional studies; Correlation analysis

代谢综合征（MS）又称 X 综合征，是一种以腹部肥胖、胰岛素抵抗、高血压、高脂血症为特征的病理状态[1]。全世界约有 20~25% 的成年人受到 MS 的困扰[2]，并且因肥胖造成的 MS 在儿童及青年中发病率逐年上升[3, 4]。MS 可引起机体代谢紊乱，不仅是心血管疾病、糖尿病及肾脏疾病的危险因素[5, 6]，还增加了癌症及全因死亡风险[7, 8]。明确其临床危险因素有利于早期筛查 MS 高危人群，进行早期干预以预防其严重并发症的发生和进展，对于降低 MS 的发病率具有重要的公共卫生意义。

目前国内外对于 MS 的诊断标准不一致，均需要测量腰围[9-12]，而腰围的测量在临床检查中并不常见[13]，导致 MS 的诊断不普及。既往研究表明，单一脂质指标如三酰甘油（TG）或高密度脂蛋白胆固醇（HDL-C）对 MS 的鉴别效能弱于多项脂质比值的联合诊断[14-15]。研究发现脂质比值 TG/HDL-C，总胆固醇（TC）/HDL-C，低密度脂蛋白胆固醇（LDL-C）/HDL-C 和非高密度脂蛋白胆固醇（non-HDL-C）不仅可以用于心血管事件的评估[16-19]，同时与 MS 的发生也存在一定的关联[14, 20]。因此，脂质比值不仅可以作为诊断 MS 的一种临床标记物，而且可代替复杂的测量标准成为一种简易的 MS 筛查指标。但以上四个脂质比值在不同性别、年龄和种族中可能有所不同，因此本研究旨在通过贵州省多阶段横断面研究分析 TG/HDL-C，TC/HDL-C，LDL-C/HDL-C 和 non-HDL-C 与中国西南地区人群 MS 发病的关联和诊断效果，为早期识别及预防 MS 提供理论依据及具有临床诊疗价值的生物标记物。

1 对象与方法

1.1 研究对象

回顾性选取贵州省参与 2010 年全国疾病监测地区慢性病及危险因素调查、2013 年中国慢性病及其危险因素监测、2015 年中国成人慢性病与营养监测和 2018 年中国成人慢性病与营养监测的自然人群为研究对象，采用多阶段整群随机抽样的方法选择贵州省内各监测点 18 岁以上且在该地区居住 6 个月以上的

常住居民，具体抽样方法见参考文献[21-22]。调查时间分别为2010年12月至2012年12月、2013年1月至2014年5月、2015年11月至2016年3月、2018年10月至2019年5月，共23 902例。剔除腰围、血糖、血压和血脂等异常值和重要协变量缺失人群，最终本研究共纳入21 727例研究对象（2010年12月至2012年12月8 353例，2013年1月至2014年5月4 616例、2015年11月至2016年3月4 301例和2018年10月至2019年5月4 457例）。所有研究对象均知情同意。

1.2 基线资料收集 问卷调查：以面对面询问调查方式采集研究对象的人口基本信息（年龄、性别、民族、婚姻状况、受教育程度）、既往史（高血压、2型糖尿病）、生活方式（吸烟、饮酒）。体格调查：采用身高计测量身高，采用电子体质量计测量研究对象体质量，采用腰围尺测量腰围，采用欧姆龙电子血压计测量血压，计算体质指数（BMI）。实验室检测：采集研究对象空腹静脉血及自报无糖尿病病史者口服75 g无水葡萄糖后2 h的血样。检测空腹血糖（FPG）、TC、TG、HDL-C、LDL-C及2 h血糖。

1.3 诊断标准与相关定义 （1）non-HDL-C（mmol/L）=TC（mmol/L）-HDL-C（mmol/L）[23]。（2）吸烟定义为调查对象自报现在吸烟的情况，饮酒定义为调查对象自报过去12个月内饮酒。（3）代谢综合征诊断采用《美国国家胆固醇教育计划成人治疗组第三次指南（ATP Ⅲ）标准》[10]，符合以下3项及以上者即可诊断：①男性腰围≥90 cm，女性腰围≥80 cm；②TG升高：TG≥1.7 mmol/L，或已接受相应治疗者；③HDL-C降低：男性HDL-C<1. 03 mmol/L，女性HDL-C<1.29 mmol/L，或已接受相应治疗者；④血压≥130/85 mm Hg（1 mm Hg=0.133 kPa）和/或已确诊为高血压并接受相应治疗者；⑤FPG≥5.6 mmol/L或已诊断为2型糖尿病并治疗者。（4）符合以下1条者即可诊断为高血压[26]：①自我报告的高血压或使用高血压药物；②收缩压≥140 mm Hg和/或舒张压≥90 mm Hg。（5）符合以下1条者即可诊断为2型糖尿病[12]：①自我报告的或既往经卫生专业人员诊断的糖尿病；②FPG≥7.0 mmol/L；③2 h血糖≥11.1 mmol/L。

1.4 分组 根据是否患有MS将研究对象分为MS组（n=4 981）和非MS组（n=16 746）。

1.5 统计学方法 采用SPSS 25.0和R语言3.6.3统计学软件进行数据分析。符合正态分布的计量资料采用（$\bar{x}\pm s$）表示，两组间比较采用独立样本t检验；非正态分布的计量资料采用M（P_{25}，P_{75}）表示，两组间比较采用Mann-Whitney U秩和检验；计数资料用相对数表示，组间比较采用χ^2检验。绘制受试者工作曲线（ROC曲线）分别评价男性和女性TG/HDL-C、TC/HDL-C、LDL-C/HDL-C和non-HDL-C对MS的诊断价值。通过Delong检验比较脂质比值预测MS发生的ROC曲线下面积（AUC）的差异。采用多因素Logistic回归分析模型分析脂质比值与MS之间的优势比（OR）和95%置信区间（CI），评价按调查时间、年龄、性别、BMI、吸烟、饮酒分层的研究对象发生MS的影响因素，以P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 研究对象的基线资料 所有研究对象平均年龄为（49.1±15.7）岁。2010年12月至2012年12月、2013年1月至2014年5月、2015年11月至2016年3月和2018年10月至2019年5月研究对象MS患病率分别为14.9%（1 245/8 353）〔男性12.8%（517/4 034），女性16.9%（728/4 319）〕、24.9%（1 150 /4 616）〔男性18.7%（381/2 040），女性29.9%（769/2 576）〕、26.7%（1 147/4 301）〔男性20.5%（410/2 000），女性32.0%（737/2 301）〕和32.3%（1 439/4 457）〔男性26.6%（549/2 065），女性37.2%（890/2 392）〕，平均年龄分别为（44.5±15.9）岁、（50.7±14.5）岁、（50.4±15.0）岁和（54.9±14.6）岁。MS组与非MS组年龄、性别、民族、受教育程度、婚姻状况、吸烟、饮酒情况、BMI、TG/HDL-C、TC/HDL-C、LDL-C/HDL-C、non-HDL-C比较，差异有统计学意义（P<0.05），见表1。

2.2 TG/HDL-C、TC/HDL-C、LDL-C/HDL-C、non-HDL-C对发生MS的预测价值 绘制TG/HDL-C、TC/HDL-C、LDL-C/HDL-C、non-HDL-C预测MS发生的ROC曲线，并将研究对象按照男性、女性进行分层，分别绘制男性、女性TG/HDL-C、TC/HDL-C、LDL-C/HDL-C、non-HDL-C预测MS发生的ROC曲线，TG/HDL-C的AUC大于TC/HDL-C（Z=17.822，P<0.001）、LDL-C/HDL-C（Z=23.813，P<0.001）、non-HDL-C（Z=27.608，P<0.001）。男性TG/HDL-C的AUC大于女性（Z=4.299，P<0.001），LDL-C/HDL-C的AUC小于女性（Z=2.061，P=0.039），见表2~4。TG/HDL-C、TC/HDL-C、LDL-C/HDL-C、non-HDL-C预测研究对象MS发生的ROC曲线见图1~3。

2.3 研究对象MS影响因素的多因素Logistic回归分析 以是否发生MS（赋值：0=否，1=是）为因变量，以TG/HDL-C、TC/HDL-C、LDL-C/HDL-C、non-HDL-C（赋值均为实测值）为自变量，进行多因素Logistic回归分析。模型1未调整混杂因素，模型2在模型1的基础上调整年龄（赋值：实测值）、性别（赋值：1=男，2=女）、民族（赋值：1=汉族，2=其他）、受教育程度（赋值：1=小学以下，2=小学，3=初中，4=高中/中专，5=大专及以上）、婚姻状况（赋值：1=汉族，

表 1　两组研究对象基线特征对比

Table 1　Comparison of baseline characteristics between subjects without and with metabolic syndrome

组别	例数	年龄（岁）	性别〔n（%）〕		民族〔n（%）〕		受教育程度〔n（%）〕					婚姻状况〔n（%）〕	
			男	女	汉族	其他	小学以下	小学	初中	高中 / 中专	大专及以上	已婚	其他
非 MS 组	16 746	47.7±15.9	8 282（49.5）	8 464（50.5）	9 808（58.6）	6 938（41.4）	6 994（41.8）	3 301（19.7）	4 567（27.3）	1 235（7.4）	649（3.9）	13 946（83.3）	2 800（16.7）
MS 组	4 981	53.9±14.0	1 857（37.3）	3 124（62.7）	3 281（65.9）	1 700（34.1）	2 434（48.9）	911（18.3）	1 161（23.3）	330（6.6）	145（2.9）	4 285（86.0）	696（14.0）
检验统计量值		26.47[a]	228.64		85.44		84.26					21.46	
P 值		<0.001	<0.001		<0.001		<0.001					<0.001	

组别	吸烟〔n（%）〕		饮酒〔n（%）〕		BMI（kg/m²）	TG/HDL-C〔M（P_{25}，P_{75}），mmol/L〕	TC/HDL-C〔M（P_{25}，P_{75}），mmol/L〕	LDL-C/HDL-C〔M（P_{25}，P_{75}），mmol/L〕	non-HDL-C〔M（P_{25}，P_{75}），mmol/L〕
	是	否	是	否					
非 MS 组	5 258（31.4）	11 488（68.6）	5 593（33.4）	11 153（66.6）	22.5±3.0	0.84（0.54，1.19）	3.15（2.68，3.93）	1.88（1.38，2.33）	3.14（2.62，3.87）
MS 组	1 203（24.2）	3 778（75.8）	1 413（28.4）	3 568（71.6）	25.9±3.6	2.00（1.30，3.02）	4.32（3.60，5.25）	2.58（2.00，3.20）	4.00（3.24，4.67）
检验统计量值	96.49		44.48		60.60[a]	70.08[b]	57.35[b]	48.66[b]	42.80[b]
P 值	<0.001		<0.001		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注：BMI= 体质指数，TG/HDL-C= 三酰甘油 / 高密度脂蛋白胆固醇，TC/HDL-C= 总胆固醇 / 高密度脂蛋白胆固醇，LDL-C/HDL-C= 低密度脂蛋白胆固醇 / 高密度脂蛋白胆固醇，non-HDL-C= 非高密度脂蛋白胆固醇；[a] 表示 t 值，[b] 表示 Z 值，余检验统计量值为 χ^2 值

表 2　TG/HDL-C、TC/HDL-C、LDL-C/HDL-C、non-HDL-C 对所有研究对象发生 MS 的预测价值

Table 2　Predictive values of TG/HDL-C ratio，TC/HDL-C ratio，LDL-C/HDL-C ratio and non-HDL-C for metabolic syndrome in all subjects

指标	最佳截断值	AUC	95%CI	灵敏度（%）	特异度（%）
TG/HDL-C	1.18	0.826	（0.820，0.833）	79.6	74.8
TC/HDL-C	3.68	0.767	（0.759，0.775）	72.8	68.7
LDL-C/HDL-C	2.27	0.727	（0.718，0.735）	63.2	72.8
non-HDL-C	3.46 mmol/L	0.699	（0.691，0.708）	69.0	62.0

表 3　男性 TG/HDL-C、TC/HDL-C、LDL-C/HDL-C、non-HDL-C 对发生 MS 的预测价值

Table 3　Predictive values of TG/HDL-C ratio，TC/HDL-C ratio，LDL-C/HDL-C ratio and non-HDL-C for metabolic syndrome in males

指标	最佳截断值	AUC	95%CI	灵敏度（%）	特异度（%）
TG/HDL-C	1.25	0.850	（0.841，0.859）	84.7	73.5
TC/HDL-C	4.01	0.779	（0.767，0.792）	64.4	79.1
LDL-C/HDL-C	2.31	0.719	（0.706，0.733）	63.0	72.0
non-HDL-C	3.74 mmol/L	0.704	（0.690，0.717）	61.7	70.8

表 4　女性 TG/HDL-C、TC/HDL-C、LDL-C/HDL-C、non-HDL-C 对发生 MS 的预测价值

Table 4　Predictive values of TG/HDL-C ratio，TC/HDL-C ratio，LDL-C/HDL-C ratio and non-HDL-C for metabolic syndrome in females

指标	最佳截断值	AUC	95%CI	灵敏度（%）	特异度（%）
TG/HDL-C	1.08	0.823	（0.814，0.831）	79.8	74.4
TC/HDL-C	3.57	0.767	（0.757，0.777）	74.0	68.1
LDL-C/HDL-C	2.23	0.737	（0.727，0.748）	63.9	73.9
non-HDL-C	3.46 mmol/L	0.697	（0.687，0.708）	68.1	62.3

注：TG/HDL-C= 三酰甘油 / 高密度脂蛋白胆固醇，TC/HDL-C= 总胆固醇 / 高密度脂蛋白胆固醇，LDL-C/HDL-C= 低密度脂蛋白胆固醇 / 高密度脂蛋白胆固醇，non-HDL-C= 非高密度脂蛋白胆固醇

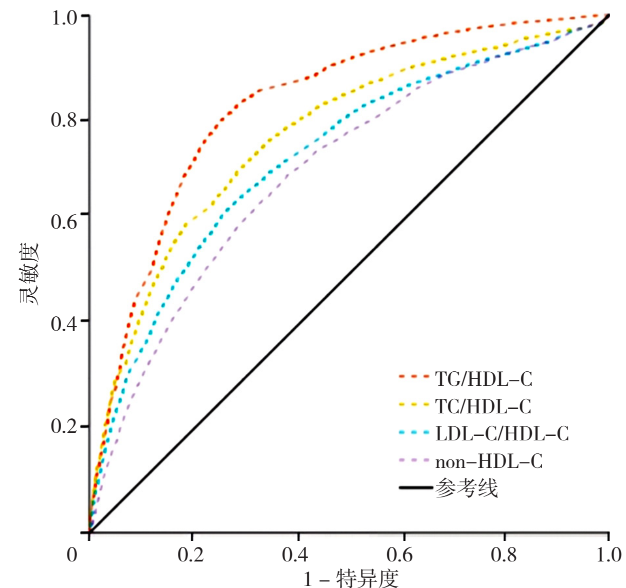


图 1　TG/HDL-C、TC/HDL-C、LDL-C/HDL-C、non-HDL-C 预测 MS 发生的 ROC 曲线

Figure 1　ROC curves of TG/HDL-C ratio，TC/HDL-C ratio，LDL-C/HDL-C ratio and non-HDL-C in predicting metabolic syndrome

2= 其他）；模型 3 在模型 2 的基础上进一步调整吸烟（赋值：0= 否，1= 是）、饮酒（赋值：0= 否，1= 是）、BMI（赋值：实测值），结果显示 TG/HDL-C、TC/HDL-C、LDL-C/HDL-C、non-HDL-C 是发生 MS 的影响因素（P<0.05），见表 5。

将患者按调查时间（2010 年 12 月至 2012 年 12 月、2013 年 1 月至 2014 年 5 月、2015 年 11 月至 2016 年 3 月和 2018 年 10 月至 2019 年 5 月）分层，纳入模型 3 进行多因素 Logistic 回归分析，结果显示，TG/HDL-C、TC/HDL-C、LDL-C/HDL-C、non-HDL-C 是发生 MS 的影响因素（P<0.05），见表 6。

2.4　按年龄、性别、BMI、饮酒、吸烟情况分层发生

表 5　发生 MS 影响因素的多因素 Logistic 回归分析结果

Table 5　Multivariate Logistic regression analysis of associated factors of metabolic syndrome

指标	模型 1					模型 2					模型 3				
	β	*SE*	Wald χ^2 值	*OR*（95%*CI*）	*P* 值	β	*SE*	Wald χ^2 值	*OR*（95%*CI*）	*P* 值	β	*SE*	Wald χ^2 值	*OR*（95%*CI*）	*P* 值
TG/HDL-C	0.702	0.015	2 082.535	2.017（1.957，2.079）	<0.001	0.754	0.016	2 181.414	2.125（2.059，2.194）	<0.001	0.612	0.016	1 412.027	1.844（1.786，1.904）	<0.001
TC/HDL-C	0.773	0.016	2 408.562	2.166（2.100，2.234）	<0.001	0.784	0.016	2 340.215	2.191（2.123，2.262）	<0.001	0.639	0.017	1 434.831	1.895（1.833，1.959）	<0.001
LDL-C/HDL-C	0.950	0.021	2 103.997	2.586（2.483，2.693）	<0.001	0.953	0.021	2 004.395	2.594（2.488，2.705）	<0.001	0.735	0.023	1 048.645	2.085（1.994，2.180）	<0.001
non-HDL-C	0.615	0.016	1 454.581	1.849（1.791，1.908）	<0.001	0.585	0.016	1 263.490	1.794（1.737，1.853）	<0.001	0.455	0.017	674.806	1.575（1.522，1.630）	<0.001

注：模型 1 未调整混杂因素；模型 2 在模型 1 的基础上调整年龄、性别、民族、受教育程度、婚姻状况；模型 3 在模型 2 的基础上进一步调整吸烟、饮酒、BMI

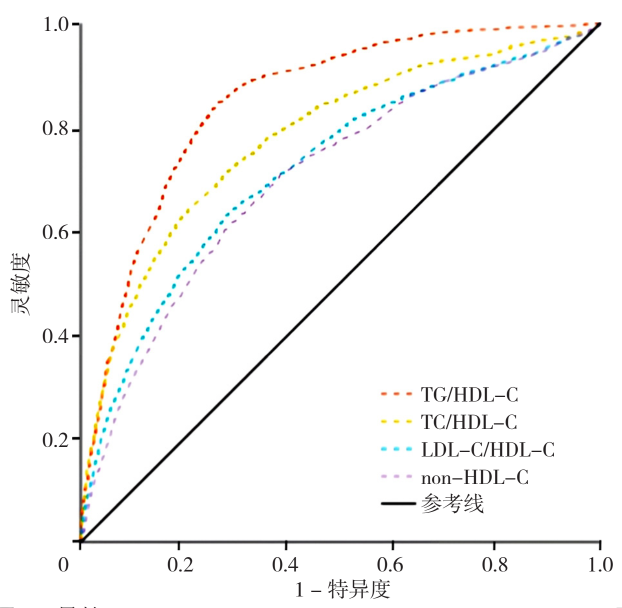


图 2　男性 TG/HDL-C、TC/HDL-C、LDL-C/HDL-C、non-HDL-C 预测 MS 发生的 ROC 曲线

Figure 2　ROC curves of TG/HDL-C ratio，TC/HDL-C ratio，LDL-C/HDL-C ratio and non-HDL-C in predicting metabolic syndrome in males

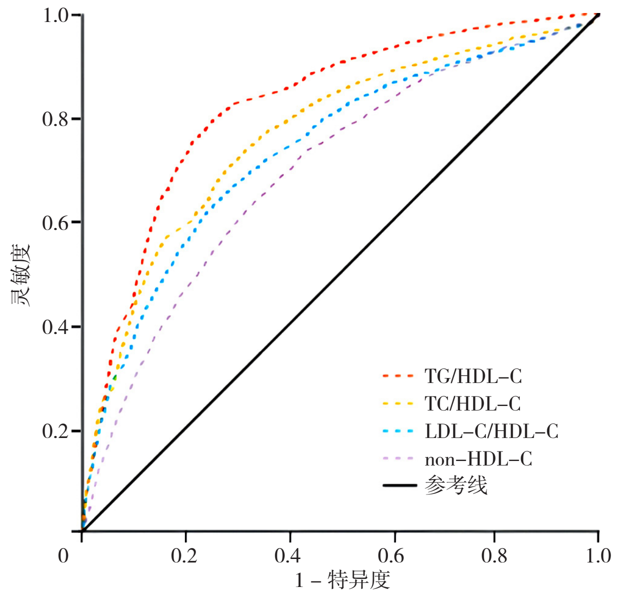


图 3　女性 TG/HDL-C、TC/HDL-C、LDL-C/HDL-C、non-HDL-C 预测 MS 发生的 ROC 曲线

Figure 3　ROC curves of TG/HDL-C ratio，TC/HDL-C ratio，LDL-C/HDL-C ratio and non-HDL-C in predicting metabolic syndrome in females

MS 影响因素的多因素 Logistic 回归分析　依据参考文献[24-25]，本研究将年龄 60 岁及 BMI 24 kg/m^2 作为分层节点，将研究对象按年龄、性别、BMI、是否饮酒、是否吸烟进行分层，纳入模型 3 进行多因素 Logistic 回归分析，结果显示，在 <60 岁、≥ 60 岁、男性、女性、BMI<24.0 kg/m^2、BMI ≥ 24.0 kg/m^2、吸烟、未吸烟、饮酒、未饮酒人群中，TG/HDL-C、TC/HDL-C、LDL-C/HDL-C、non-HDL-C 是发生 MS 的影响因素，其中女性、BMI<24 kg/m^2、未吸烟及未饮酒人群的 TG/HDL-C、TC/HDL-C、LDL-C/HDL-C、non-HDL-C 与 MS 相关性更强（*P*<0.05），见表 7。

3　讨论

本研究基于贵州省 2010 年 12 月—2012 年 12 月、2013 年 1 月 —2014 年 5 月、2015 年 11 月 —2016 年 3 月和 2018 年 10 月—2019 年 5 月 4 个阶段不同自然人群数据分析四种脂质比值与 MS 关联及诊断价值评价。女性 MS 患病率高于男性，在不同人种的研究中，女性 MS 患病率同样高于男性[6]。MS 患病率随着年龄的增长而增加，MS 患者平均年龄普遍高于非 MS 者[27]，这与本研究结果一致。通过多因素 Logistic 回归和 ROC 曲线结果显示，TG/HDL-C、TC/HDL-C、LDL-C/HDL-C、non-HDL-C 与 MS 发生存在关联。

以往的研究显示 TG/HDL-C 对胰岛素抵抗（HOMA-IR）有良好的诊断效果[28]，HOMA-IR 是 MS 发病的重要因素，但 HOMA-IR 的诊断方法—正常血糖胰岛素钳夹技术较为复杂且费时。脂质比值可以代替 HOMA-IR 作为 MS 的简易替代指标，这一结论与韩国、日本、加纳及马耳他人群的研究结果一致［14-15，29-30］。本研究结果显示 TG/HDL-C 是一个良好的诊断 MS 的因子，与之前研究结果一致[13，31]。本研究 TG/HDL-C 评价 MS 的男性 / 女性截断值分别为 1.25 和 1.08，与伊朗男性 / 女性截断值 3.00/2.61 及韩国的 3.3/3.8[32] 有显著差异[27，31]，这可能是因为种族差异及 MS 定义标准不同造成的。TC 和 LDL-C 增高是动脉

粥样硬化的发生的危险因素[23]，HDL-C 促进动脉粥样硬化血管病变中脂质沉积的清除，具有抗氧化和抗炎作用[33]。TC/HDL-C、LDL-C/HDL-C 比值可以作为评价血脂和筛查 MS 的指标。本研究结果表明，TC/HDL-C、LDL-C/HDL-C 与 MS 的发病风险发生存在关联，但与 TG/HDL-C 相比，诊断价值较低。CHU 等[32]认为 TC/HDL-C 与 MS 和 HOMA-IR 指数有很强的相关性，与本研究结果一致。此外，TC/HDL-C 检测时不需要空腹，这对禁食及进食困难的人群较为友好[34]。贵州人群男性 LDL-C/HDL-C 评价 MS 的 AUC 低于女性，与 GASEVIC 等[13]和 KAWAMOTO 等[15]的研究结果一致。non-HDL-C 常常可作为血脂异常的干预靶

表 6　按调查时间分层后发生 MS 影响因素的多因素 Logistic 回归分析结果

Table 6　Multivariate Logistic regression analysis of associated factors of metabolic syndrome in subjects stratified by survey time

分组	β	SE	Wald χ^2 值	OR（95%*CI*）	*P* 值	分组	β	SE	Wald χ^2 值	OR（95%*CI*）	*P* 值
2010 年 12 月—2012 年 12 月						2015 年 11 月—2016 年 3 月					
TG/HDL-C	0.506	0.029	314.505	1.659（1.569，1.755）	<0.001	TG/HDL-C	1.386	0.058	572.017	4.000（3.571，4.481）	<0.001
TC/HDL-C	0.417	0.031	186.555	1.517（1.429，1.611）	<0.001	TC/HDL-C	1.219	0.052	547.307	3.383（3.055，3.747）	<0.001
LDL-C/HDL-C	0.273	0.038	50.566	1.314（1.219，1.416）	<0.001	LDL-C/HDL-C	1.305	0.058	498.896	3.689（3.289，4.136）	<0.001
non-HDL-C	0.328	0.030	119.270	1.388（1.308，1.471）	<0.001	non-HDL-C	0.676	0.048	201.016	1.966（1.791，2.159）	<0.001
2013 年 1 月—2014 年 5 月						2018 年 10 月—2019 年 5 月					
TG/HDL-C	1.416	0.061	538.187	4.119（3.655，4.643）	<0.001	TG/HDL-C	0.316	0.022	205.398	1.372（1.314，1.432）	<0.001
TC/HDL-C	1.170	0.046	633.923	3.222（2.941，3.529）	<0.001	TC/HDL-C	0.348	0.026	185.495	1.416（1.347，1.489）	<0.001
LDL-C/HDL-C	1.198	0.054	484.570	3.315（2.980，3.688）	<0.001	LDL-C/HDL-C	0.498	0.045	119.949	1.645（1.505，1.799）	<0.001
non-HDL-C	0.796	0.043	347.135	2.216（2.038，2.410）	<0.001	non-HDL-C	0.318	0.031	104.051	1.375（1.293，1.462）	<0.001

表 7　按年龄、性别、BMI、饮酒、吸烟情况分层发生 MS 影响因素的多因素 Logistic 回归分析结果

Table 7　Multivariate Logistic regression analysis of factors associated with metabolic syndrome in subjects stratified by age，sex，BMI，drinking and smoking

分组	β	SE	Wald χ^2 值	OR（95%*CI*）	*P* 值	分组	β	SE	Wald χ^2 值	OR（95%*CI*）	*P* 值
<60 岁						BMI ≥ 24.0 kg/m^2					
TG/HDL-C	0.587	0.018	1 058.071	1.798（1.736，1.863）	<0.001	TG/HDL-C	0.587	0.021	758.886	1.799（1.725，1.875）	<0.001
TC/HDL-C	0.665	0.020	1 123.435	1.945（1.871，2.022）	<0.001	TC/HDL-C	0.614	0.022	791.114	1.849（1.771，1.930）	<0.001
LDL-C/HDL-C	0.809	0.027	895.766	2.245（2.129，2.367）	<0.001	LDL-C/HDL-C	0.719	0.029	620.317	2.051（1.938，2.170）	<0.001
non-HDL-C	0.499	0.021	585.697	1.646（1.581，1.714）	<0.001	non-HDL-C	0.435	0.022	386.594	1.545（1.479，1.614）	<0.001
≥ 60 岁						吸烟					
TG/HDL-C	0.818	0.036	518.742	2.266（2.112，2.431）	<0.001	TG/HDL-C	0.519	0.026	411.062	1.681（1.599，1.768）	<0.001
TC/HDL-C	0.686	0.031	482.558	1.986（1.868，2.112）	<0.001	TC/HDL-C	0.559	0.028	395.385	1.750（1.656，1.849）	<0.001
LDL-C/HDL-C	0.725	0.040	333.402	2.065（1.911，2.233）	<0.001	LDL-C/HDL-C	0.628	0.040	249.303	1.872（1.731，2.023）	<0.001
non-HDL-C	0.458	0.031	212.690	1.581（1.487，1.681）	<0.001	non-HDL-C	0.445	0.032	191.440	1.560（1.465，1.662）	<0.001
男						未吸烟					
TG/HDL-C	0.517	0.020	675.827	1.677（1.613，1.744）	<0.001	TG/HDL-C	0.712	0.021	1182.143	2.039（1.958，2.124）	<0.001
TC/HDL-C	0.596	0.023	670.215	1.815（1.735，1.899）	<0.001	TC/HDL-C	0.735	0.021	1260.735	2.086（2.004，2.173）	<0.001
LDL-C/HDL-C	0.669	0.032	438.479	1.950（1.832，2.076）	<0.001	LDL-C/HDL-C	0.864	0.027	1012.208	2.373（2.250，2.502）	<0.001
non-HDL-C	0.467	0.026	324.746	1.595（1.516，1.678）	<0.001	non-HDL-C	0.512	0.020	630.121	1.668（1.603，1.736）	<0.001
女						饮酒					
TG/HDL-C	0.810	0.026	936.864	2.252（2.138，2.372）	<0.001	TG/HDL-C	0.437	0.022	399.819	1.548（1.483，1.615）	<0.001
TC/HDL-C	0.749	0.024	960.991	2.117（2.019，2.220）	<0.001	TC/HDL-C	0.539	0.026	415.314	1.715（1.628，1.806）	<0.001
LDL-C/HDL-C	0.895	0.031	810.141	2.447（2.301，2.603）	<0.001	LDL-C/HDL-C	0.677	0.039	303.992	1.966（1.822，2.122）	<0.001
non-HDL-C	0.501	0.023	471.829	1.651（1.578，1.728）	<0.001	non-HDL-C	0.453	0.030	232.299	1.573（1.484，1.667）	<0.001
BMI<24.0 kg/m^2						未饮酒					
TG/HDL-C	0.722	0.025	861.994	2.060（1.963，2.162）	<0.001	TG/HDL-C	0.813	0.023	1242.186	2.257（2.157，2.361）	<0.001
TC/HDL-C	0.767	0.026	888.475	2.156（2.049，2.267）	<0.001	TC/HDL-C	0.756	0.021	1255.901	2.131（2.044，2.222）	<0.001
LDL-C/HDL-C	0.894	0.035	667.657	2.445（2.284，2.616）	<0.001	LDL-C/HDL-C	0.849	0.027	956.474	2.336（2.214，2.465）	<0.001
non-HDL-C	0.585	0.027	479.911	1.795（1.704，1.892）	<0.001	non-HDL-C	0.513	0.021	592.127	1.670（1.602，1.74）	<0.001

点[23]，KHAN 等[35]和 WANG 等[20]发现 MS 人群中 non-HDL-C 水平高于未患 MS 人群。此外，本研究发现 non-HDL-C 与 MS 的发生存在一定的关联，non-HDL-C 对于 MS 诊断具有一定的参考价值。

本研究为了进一步探讨不同年龄、性别、BMI、吸烟、饮酒人群脂质比值与 MS 的关联，以发现高危人群，对各分层变量进行多因素分析，发现 BMI<24 kg/m^2、未吸烟、未饮酒人群及女性的脂质比值与 MS 相关性更强。黄种人的体脂率普遍高于同一年龄、性别和 BMI 的白种人，患有 2 型糖尿病和心血管疾病的风险因素的比例高，与其他国家的人相比，中国人在相同的 BMI 下代谢异常发生率更高[36]。虽然超重的人容易患代谢性疾病，但超重并不等于代谢性疾病，检测血脂浓度或血脂比值以及 BMI 是筛查 MS 的实用方法[37]。因此，BMI<24 kg/m^2 脂质比值可能与 MS 的联系更密切。此外，吸烟者由于烟草中尼古丁阻止炎症细胞因子的释放，炎症细胞因子抑制与 HOMA-IR 相关的炎症，可以导致血糖降低[38]。同时，有证据表明，轻度到中度的酒精摄入，特别是葡萄酒，能降低患糖尿病的风险[39]。糖尿病作为 MS 的发病原因之一，且研究问卷中并未明确研究对象的吸烟支数或饮酒量，可能导致本研究中未吸烟者及未饮酒者的脂质比值与 MS 联系更强。贵州省女性 MS 的患病率高于男性，在 MS 组中，女性占比 62.7%，高于男性（37.3%），MS 组的 4 种脂质比值高于非 MS 组。BMI<24 kg/m^2、女性、未吸烟及未饮酒人群且代谢异常的人应受到重视。

本研究分析了贵州省多阶段横断面人群研究脂质比值与MS之间的关联，并探讨脂质比值对MS的诊断价值。本研究也存在一定的局限性，首先，本研究为横断面研究，脂质比值与 MS 之间的关系需要进一步通过队列研究验证；其次，可能存在其他潜在的混杂因素未调整；最后，本研究对象来源于贵州省自然人群，在后续的研究中可以扩展至全国进行前瞻性队列研究。

综上所述，本研究发现 4 种脂质比值水平升高与 MS 发病风险存在正向关联，在临床实践中可作为一种简单的工具快速识别有 MS 风险的患者及进行早期干预，可作为中国人群 MS 的经济简易筛查指标。

作者贡献：周诗宇负责研究方案策划，数据策划，形式分析，初稿写作；谌绍林负责数据策划，形式分析，写作审编；邓仁丽负责写作审编，提供资源，获取资助；代米负责数据策划，形式分析，提供资源，获取资助；田坤明负责提供资源，获取资助，监督指导；所有作者共同确认了论文的最终稿。

本文无利益冲突。

参考文献

[1] SAKLAYEN M G. The global epidemic of the metabolic syndrome[J]. Curr Hypertens Rep，2018，20（2）：12. DOI：10.1007/s11906-018-0812-z.

[2] RANASINGHE P，MATHANGASINGHE Y，JAYAWARDENA R，et al. Prevalence and trends of metabolic syndrome among adults in the Asia-Pacific region：a systematic review[J]. BMC Public Health，2017，17（1）：101. DOI：10.1186/s12889-017-4041-1.

[3] CHAE J，SEO M Y，KIM S H，et al. Trends and risk factors of metabolic syndrome among Korean adolescents，2007 to 2018(diabetes metab J 2021；45：880-9)[J]. Diabetes Metab J，2022，46（2）：351-353. DOI：10.4093/dmj.2021.0367.

[4] KHARBOTLY D，CHREITAH A，IMAD K M. Metabolic Syndrome in Obese Children over Five Years Old[J]. American Journal of Pediatrics，2021，7（3）：113. DOI：10.11648/j.ajp.20210703.14.

[5] HO C I，CHEN J Y，CHEN S Y，et al. Relationship between TG/HDL-C ratio and metabolic syndrome risk factors with chronic kidney disease in healthy adult population[J]. Clin Nutr，2015，34（5）：874-880. DOI：10.1016/j.clnu.2014.09.007.

[6] PUCCI G，ALCIDI R，TAP L，et al. Sex- and gender-related prevalence，cardiovascular risk and therapeutic approach in metabolic syndrome：a review of the literature[J]. Pharmacol Res，2017，120：34-42. DOI：10.1016/j.phrs.2017.03.008.

[7] FORD E S. Risks for all-cause mortality，cardiovascular disease，and diabetes associated with the metabolic syndrome：a summary of the evidence[J]. Diabetes Care，2005，28（7）：1769-1778. DOI：10.2337/diacare.28.7.1769.

[8] BISHEHSARI F，VOIGT R M，KESHAVARZIAN A. Circadian rhythms and the gut microbiota：from the metabolic syndrome to cancer[J]. Nat Rev Endocrinol，2020，16（12）：731-739. DOI：10.1038/s41574-020-00427-4.

[9] ALBERTI K G，ZIMMET P，SHAW J，et al. The metabolic syndrome—a new worldwide definition[J]. Lancet，2005，366（9491）：1059-1062. DOI：10.1016/s0140-6736（05）67402-8.

[10] GRUNDY S M，CLEEMAN J I，DANIELS S R，et al. Diagnosis and management of the metabolic syndrome：an American Heart Association/National Heart，Lung，and Blood Institute Scientific Statement[J]. Circulation，2005，112（17）：2735-2752. DOI：10.1161/circulationaha.105.169404.

[11] ALBERTI K G，ECKEL R H，GRUNDY S M，et al. Harmonizing the metabolic syndrome：a joint interim statement of the International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention；National Heart，Lung，and Blood Institute；American Heart Association；World Heart Federation；International Atherosclerosis Society；and International Association for the Study of Obesity[J]. Circulation，2009，120（16）：1640-1645. DOI：10.1161/CIRCULATIONAHA.109.192644.

[12] 中华医学会糖尿病学分会. 中国 2 型糖尿病防治指南（2020 年版）[J]. 国际内分泌代谢杂志，2021，41（5）：482-548. DOI：10.3760/cma.j.cn121383-20210825-08063.

[13] GASEVIC D，FROHLICH J，MANCINI G J，et al. Clinical usefulness of lipid ratios to identify men and women with metabolic syndrome：a cross-sectional study[J]. Lipids Health Dis，2014，13：159. DOI：10.1186/1476-511x-13-159.

[14] KIMM H，LEE S W，LEE H S，et al. Associations between lipid measures and metabolic syndrome，insulin resistance and adiponectin. – Usefulness of lipid ratios in Korean men and women– [J]. Circ J，2010，74（5）：931–937. DOI：10.1253/circj.cj-09-0571.

[15] KAWAMOTO R，TABARA Y，KOHARA K，et al. Relationships between lipid profiles and metabolic syndrome，insulin resistance and serum high molecular adiponectin in Japanese community-dwelling adults [J]. Lipids Health Dis，2011，10：79. DOI：10.1186/1476-511x-10-79.

[16] FERNANDEZ M L，WEBB D. The LDL to HDL cholesterol ratio as a valuable tool to evaluate coronary heart disease risk [J]. J Am Coll Nutr，2008，27（1）：1–5. DOI：10.1080/07315724.2008.10719668.

[17] MURGUÍA-ROMERO M，JIMÉNEZ-FLORES J R，SIGRIST-FLORES S C，et al. Plasma triglyceride/HDL-cholesterol ratio，insulin resistance，and cardiometabolic risk in young adults [J]. Journal of Lipid Research，2013，54（10）：2795–2799. DOI：10.1194/jlr.M040584.

[18] SALAZAR M R，CARBAJAL H A，ESPECHE W G，et al. Identification of cardiometabolic risk：visceral adiposity index versus triglyceride/HDL cholesterol ratio [J]. Am J Med，2014，127（2）：152–157. DOI：10.1016/j.amjmed.2013.10.012.

[19] CALLING S，JOHANSSON S E，WOLFF M，et al. Total cholesterol/HDL-C ratio versus non-HDL-C as predictors for ischemic heart disease：a 17-year follow-up study of women in southern Sweden [J]. BMC Cardiovasc Disord，2021，21（1）：163. DOI：10.1186/s12872-021-01971-1.

[20] WANG S B，TU J W，PAN Y B. Threshold effects in the relationship between serum non-high-density lipoprotein cholesterol and metabolic syndrome [J]. Diabetes Metab Syndr Obes，2019，12：2501–2506. DOI：10.2147/DMSO.S232343.

[21] 赵文华，宁光. 2010年中国慢性病监测项目的内容与方法[J]. 中华预防医学杂志，2012，46（5）：477–479.. DOI：10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2012.05.023

[22] ZHAO W H，NING G. Contents and methods of chronic disease surveillance project in China in 2010 [J]. Chinese Journal of Preventive Medicine，2012，46（5）：477–479.. DOI：10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2012.05.023.

[23] 王丽敏，张梅，李镒冲，等. 2013年中国慢性病及其危险因素监测总体方案[J]. 中华预防医学杂志，2018，52（2）：191–194. DOI：10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2018.02.015.
WANG L M，ZHANG M，LI Y C，et al. Scheme of the Chinese chronic non-communicable disease and risk factor surveillance [J]. Chinese Journal of Preventive Medicine，2018，52(2)：191–194. DOI：10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2018.02.015.

[24] 中国成人血脂异常防治指南修订联合委员会. 中国成人血脂异常防治指南（2016年修订版）[J]. 中国循环杂志，2016，31（10）：937–950. DOI：10.3969/j.issn.1000-3614.2016.10.001.

[25] 中国肥胖问题工作组数据汇总分析协作组. 我国成人体重指数和腰围对相关疾病危险因素异常的预测价值：适宜体重指数和腰围切点的研究[J]. 中华流行病学杂志，2002，23（1）：5–10.

[26] 人类年龄段划分新标准[J]. 现代养生，2005（09）：16.

[27] CHOBANIAN A V，BAKRIS G L，BLACK H R，et al. Seventh report of the joint national committee on prevention，detection，evaluation，and treatment of high blood pressure [J]. Hypertension，2003，42（6）：1206–1252. DOI：10.1161/01.hyp.0000107251.49515.c2.

[28] JIANG B，ZHENG Y，CHEN Y，et al. Age and gender-specific distribution of metabolic syndrome components in East China：role of hypertriglyceridemia in the SPECT-China study [J]. Lipids Health Dis，2018，17（1）：92. DOI：10.1186/s12944-018-0747-z.

[29] AZARPAZHOOH M R，NAJAFI F，DARBANDI M，et al. Triglyceride/high - density lipoprotein cholesterol ratio：a clue to metabolic syndrome，insulin resistance，and severe atherosclerosis [J]. Lipids，2021，56（4）：405–412. DOI：10.1002/lipd.12302.

[30] ARTHUR F K，ADU-FRIMPONG M，OSEI-YEBOAH J，et al. Prediction of metabolic syndrome among postmenopausal Ghanaian women using obesity and atherogenic markers [J]. Lipids Health Dis，2012，11：101. DOI：10.1186/1476-511x-11-101.

[31] CUSCHIERI S，VASSALLO J，CALLEJA N，et al. The effect of age，gender，TG/HDL-C ratio and behavioral lifestyles on the metabolic syndrome in the high risk Mediterranean Island population of Malta [J]. Diabetes Metab Syndr，2017，11（Suppl 1）：S321–327. DOI：10.1016/j.dsx.2017.03.009.

[32] REZAPOUR M，SHAHESMAEILI A，HOSSINZADEH A，et al. Comparison of lipid ratios to identify metabolic syndrome [J]. Arch Iran Med，2018，21（12）：572–577.

[33] CHU S Y，JUNG J H，PARK M J，et al. Risk assessment of metabolic syndrome in adolescents using the triglyceride/high-density lipoprotein cholesterol ratio and the total cholesterol/high-density lipoprotein cholesterol ratio [J]. Ann Pediatr Endocrinol Metab，2019，24（1）：41–48. DOI：10.6065/apem.2019.24.1.41.

[34] VAN LENTEN B J，HAMA S Y，DE BEER F C，et al. Anti-inflammatory HDL becomes pro-inflammatory during the acute phase response. Loss of protective effect of HDL against LDL oxidation in aortic wall cell cocultures [J]. J Clin Invest，1995，96（6）：2758–2767. DOI：10.1172/jci118345.

[35] MORA S，RIFAI N，BURING J E，et al. Fasting compared with nonfasting lipids and apolipoproteins for predicting incident cardiovascular events [J]. Circulation，2008，118（10）：993–1001. DOI：10.1161/circulationaha.108.777334.

[36] KHAN S H，ASIF N，IJAZ A，et al. Status of non-HDL-cholesterol and LDL-cholesterol among subjects with and without metabolic syndrome [J]. J Pak Med Assoc，2018，68（4）：554–558.

[37] WHO EXPERT CONSULTATION. Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies [J]. Lancet，2004，363（9403）：157–163. DOI：10.1016/s0140-6736（03）15268-3.

[38] Shiwaku K，Anuurad E，Enkhmaa B，et al. Appropriate BMI for Asian populations [J]. Lancet，2004，363（9414）：1077. DOI：10.1016/S0140-6736（04）15856-X.

[39] HASKINS A E，BERTONE-JOHNSON E R，PEKOW P，et al. Smoking during pregnancy and risk of abnormal glucose tolerance：a prospective cohort study [J]. BMC Pregnancy Childbirth，2010，10：55. DOI：10.1186/1471-2393-10-55.
[40] BOBAN M，STOCKLEY C，TEISSEDRE P L，et al. Drinking pattern of wine and effects on human health：why should we drink moderately and with meals? [J]. Food Funct，2016，7（7）：2937-2942. DOI：10.1039/C6FO00218H.

（收稿日期：2022-11-21；修回日期：2023-03-24）
（本文编辑：邹琳）